

# The Effect of Thickness, Weight and Fiber Material on Thermal Insulation Value of Fabrics

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2017-10-03 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/2297/557">http://hdl.handle.net/2297/557</a>

# 布の保温性に及ぼす厚み、重さ、 及び繊維素材の影響

松平 光男

## The Effect of Thickness, Weight and Fiber Material on Thermal Insulation Value of Fabrics

Mitsuo MATSUDAIRA

### Abstract

Precise investigations were carried out to clarify the effect of fabric thickness, fabric weight, fiber materials, etc. on thermal insulation value (=TIV) of fabrics. Fiber materials such as wool, cotton, silk, polyester, and rayon were chosen for the investigations. Following conclusions were obtained: (1) TIV increases with the thickness of fabric. Silk and cotton fabrics show higher TIV at thinner conditions, however, wool and polyester fabrics show higher TIV at thicker conditions. (2) TIV of rayon fabrics is small. (3) TIV is independent to fabric weight if the thickness is the same. It is illusion that heavier fabrics seem to be warmer, because most of those clothes are made of thicker fabrics.

### 1. 緒言

布あるいは繊維集合体は、その中に多くの空気を含むため、昔から保温素材とし広く用いられている。通常の衣服用布地の場合、含気率は70~90%もあり、その保温性(熱絶縁性)に及ぼす繊維素材の効果は小さく、主に厚みによって保温性が決定されると昔から言われている<sup>1-3)</sup>。その理由は、空気の熱伝導率が繊維素材のそれに比べて、20~50倍も小さいからである<sup>4-6)</sup>。それ故、各種保温性素材の開発も、繊維自身を中空にする、繊維間空隙を多くする、布構造をよりバルキーにする、等の努力に関心が払われている。

布の保温性を考える場合、単に熱伝導だけでなく、輻射及び対流の効果も考えるべきであり、事実世間ではそれらを狙った開発も多いが、今回は熱伝導に関する議論に留める。

20年程前には高価格であった羽毛ふとんも、今では安価で広く普及されているが、暖かいはずの羽毛ふとんが暖かくないと言う話をよく聞

く。羽毛ふとんはバルキーで大量の空気を含むため、保温性は高いことが容易に予想されるが、軽いため人が動きやすく、対流効果で外の空気と容易に入れ替わるため、予想より寒く感じる人が多い。それ故、寝相の悪い人には不向きであるとさえ言われている。一方では、綿のような重みがないと暖かくないという話も、特に中年以上の高齢者からよく聞く。

理論的にはふとんの重みはその保温性とは無関係であるが、実際の布や衣服の場合、重い布はどうしても厚い布が多いため、重い方が暖かいと錯覚している人もいると考えられる。被服材料学における常識としても、布の保温性はその重量には無関係であると教科書には書いてある。しかしながら、その常識を明確に示すデータを実験で求めることは難しく、筆者もまた、保温性が重量によらないというデータを見たことがない。

そこで本研究では、布の保温性に及ぼす厚みや重さの効果が繊維素材によっていかに現れる

かを、衣服用途の広範囲の布によって明らかにする。また、布の含気率や通気抵抗との関連についても詳細に検討する。

## 2. 実験

### 2.1 実験方法

布の保温性測定は、布の伝熱的特性を迅速かつ正確に行える Thermo Labo II<sup>7)</sup> を用い、一定温度に保った熱板 (Large BT-Box) からの熱損失を計測する。保温率 (熱絶縁率=Thermal Insulation Value = TIV) は以下の式で算出する。

$$TIV = (W_0 - W) / W_0 \quad (1)$$

但し、 $W_0$ ; 布の無い状態での熱損失 (J/s),  $W$ ; 布がある状態での熱損失 (J/s) である。保温率の測定は、繊維素材の差が最も顕著になると考えられる Dry Contact 法<sup>8)</sup> を用いる。保温率計測時には、布には上から下への一定速度の垂直気流 (約0.2m/s) が当たっており、熱は下方から上方に散逸される。

布の厚みについては、圧力0.5gf/cm<sup>2</sup>における厚みを KES システム圧縮試験機より得られる圧縮曲線から求めた。また、圧力240gf/cm<sup>2</sup>における厚みを通常の厚みテスターから求めた。前者は布に触れるか触れないかの条件下での厚みであり、後者は人が布を力一杯押しつぶした時の厚みである。

布の含気率は布の見かけの体積内に含まれる空気の割合であり、以下の式で定義される。

$$P = (V_a - V_i) / V_a \quad (2)$$

但し、 $P$ ; 含気率 (%),  $V_a$ ; 布の見かけの体積 (布の厚みは圧力が0.5gf/cm<sup>2</sup>における値を用いる: cm<sup>3</sup>),  $V_i$ ; 布中に含まれる繊維実質の体積 = 布の重量 / 繊維の密度: cm<sup>3</sup>) である。

布の通気抵抗については、KES 通気度試験機<sup>9)</sup> で計測した。一定量の空気が布を通過するときの通気抵抗は次式で求められる。

$$R = \Delta P / V \quad (3)$$

但し、 $R$ ; 通気抵抗 (Pa·s / m),  $\Delta P$ ; 布の表面と裏面との間の圧力差 (Pa),  $V$ ; 単位面積当たりの空気流れ (m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/s) である。

Table 1 Outlines of Fabric Samples Used for Measurement of Thermal Insulation Value

Fiber Material	Number of Samples	Thickness* (mm)	Weight (mg/cm <sup>2</sup> )
Wool	38	0.288 - 2.870	11.3 - 34.4
Cotton	37	0.201 - 3.396	7.8 - 37.1
Silk	39	0.238 - 1.784	4.1 - 29.7
Polyester	42	0.193 - 1.544	8.5 - 29.5
Rayon	40	0.154 - 2.259	7.2 - 37.2

\*Thickness is measured at the pressure 0.5 gf/cm<sup>2</sup>.

実験は全て温度20±0.2℃, 湿度65±3%RH 条件下で行った。

### 2.2 試料

代表的な天然繊維素材として、綿、羊毛、絹を選び、代表的な化学繊維素材としてポリエステル及びレーヨンを選んだ。いずれも厚みや重さに幅を持たせるため、組織 (平織、綾織、朱子織、二重織) や糸使い (単糸、双糸) の異なる布を選んだ。絹、ポリエステル、レーヨンについては、フィラメント糸及びスパン糸両者を選んだ。これら試料の概略を表1に示す。全て市販の紳士用スーツ地、婦人用スーツ地、婦人用薄手布、等の織物地である。

## 3. 結果及び考察

布の厚みと保温率との関係を、圧力が0.5gf/cm<sup>2</sup>における結果を図1に、圧力が240gf/cm<sup>2</sup>における結果を図2に示す。図1の結果では、全ての繊維素材布で厚みが大きいほど保温性が高くなっている。これは常識的な結果である。素材別の厚み依存性で考えると、絹のみの結果が有意水準1%であり、他は全て0.1%で相関が高かった。とりわけ羊毛織物の相関係数が大きな値を示した。素材別の保温性を同一厚みで考えると、厚みが小さいときには、絹や綿の保温性が高く、特に絹織物の保温性が高くなっている。一方、厚みが大きくなると、羊毛やポリエステルの保温性が高くなっている。レーヨンは厚みによらず、全体的に小さな保温率を示してい

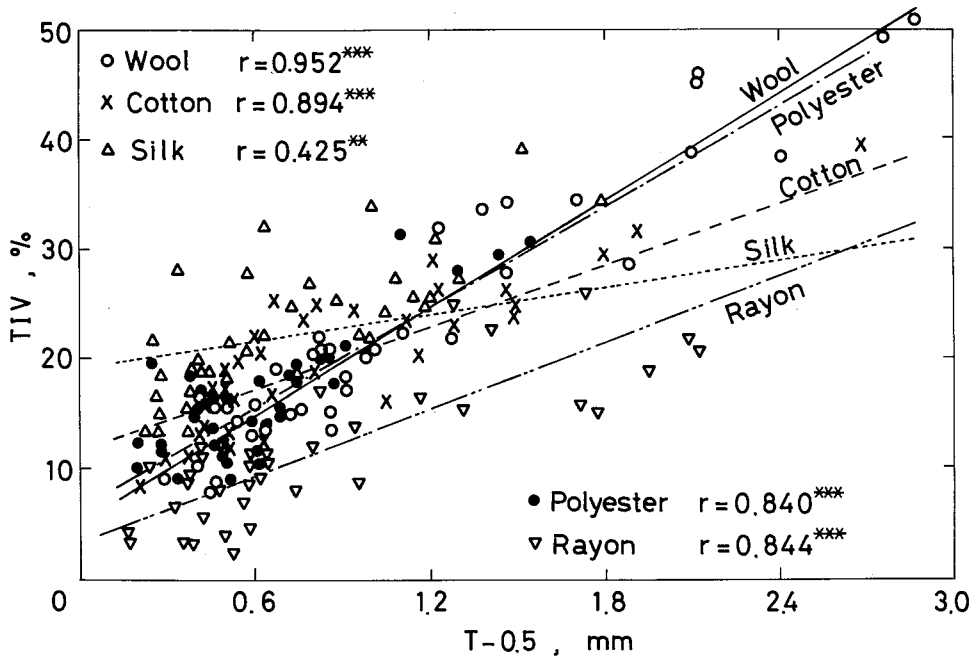


Fig. 1 Relationship between Thermal Insulation Value (TIV) and fabric thickness at 0.5 gf/cm<sup>2</sup>. \*\*, 1%,\*\*\*; 0.1% significance level.

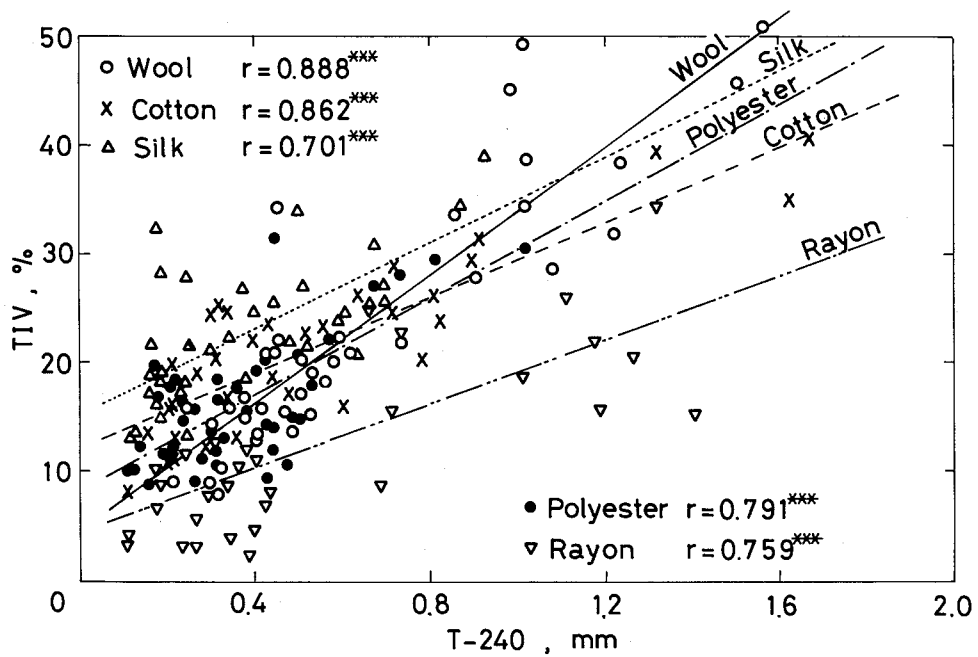


Fig. 2 Relationship between Thermal Insulation Value (TIV) and fabric thickness at 240 gf/cm<sup>2</sup>. \*\*\*, 0.1% significance level.

る。素材間の差が明らかに現れていると考えられる。この傾向は図2でもほぼ同様である。薄い絹織物が高い保温性を示すことは、それが冬暖かく使われる事実と合致しているが、薄い綿織物も比較的高い保温率を示す点は注目に値する。薄い綿織物はどちらかという初夏涼しく使われると考えていたが、その根拠となる結果は得られなかった。厚い羊毛やポリエステル織物の保温性が特に高くなる点は、これらの厚手素材が冬用の外套地として暖かく多用されている事実と合致している。

布の重量に対する保温率の結果を図3に示すが、重さが大きいほど、明らかに保温性は高くなっている。素材別の相関を考えた場合、全ての素材で、有意水準0.1%と相関が高かった。素材別の比較では、重量が小さいときには絹織物の保温率が高いが、重量が大きくなると羊毛織物の保温性が高くなっている。レーヨンは全ての重量で保温率は低くなっている。

厚い布は重いことが容易に予想される。そこで、重量の保温性に及ぼす効果を考えるには厚みを一定にする必要がある。今回用いた試料の中で試料数の多い一定厚みにおける布重量の影響を図4に示す。相関は全くないことが明らかである。布の厚みが一定であれば、布の保温率はその重量に依存しないことが明らかに示された。本図は、今まで常識的に言われていた布の保温率が重量に依存しないと言う事実を裏付ける貴重なデータであると考えられる。

今回検討した項目の相互相関表を表2に示すが、布重量は厚みとの相関が極めて高く、そのことが、”重たい衣服は暖かい”という錯覚を人に与えていると考えられる。また、重いふとんを暖かく感じるのは、ふとんの重さによって人の動きが制限され、対流による熱損失が少なくなるためと考えられる。

布の含気率に対する保温率の結果を図5に示す。絹の有意性が若干低かったが(5%)、基本的には全ての素材で布の保温率は含気率に依存していた。絹の結果が何故相関が低いかにつ

Table 2 Correlation Coefficients Between Thermal Insulation Value and Thickness, Weight, Porosity, and Air Resistance

Item	TIV	T-0.5	T-240	Weight	Porosity	Air Resistance
TIV	1.000	0.736***	0.695***	0.560***	0.609***	-0.061
T-0.5		1.000	0.899***	0.784***	0.618***	-0.150*
T-240			1.000	0.849***	0.555***	-0.131
Weight				1.000	0.313***	-0.006
Porosity					1.000	-0.363***
Air Resistance						1.000

\*: 5%, \*\*: 1%, \*\*\*: 0.1% (n=196) significance level

いては、図1の薄い絹の保温率が他に比べて高くなっていることに関連があると思われる。薄い絹織物はその厚みから計算される空隙率から予想される保温率よりも高い保温性を示す可能性があると思われる。

布の通気抵抗に対する保温率の結果を図6に示す。綿のみが有意水準1%で逆相関が成立していたが、それ以外の素材ではどれも全く相関が無かった。全ての素材を一緒に考えた結果でも、表2に示すように、全く相関が無かった。一般には通気抵抗が大きいほど保温率は大きいと考えられるが、今回の結果では、通気抵抗に依存していない。この理由は、保温率の測定方法からくる相違ではないかと考えられる。今回の実験では、試料に当たっている垂直気流0.2 m/s はかすかな流速であり、通気抵抗が問題になる程の大きさではなかったと思われる。より流速が大きい場合には、通気抵抗の効果が出てくると思われる。対流効果については、布が直接熱板上に接触しているため、少ないと考えられる。

#### 4. 結論

布の保温率に及ぼす厚み、重量、含気率、通気抵抗の効果を、代表的な衣料用素材(羊毛、綿、絹、ポリエステル、レーヨン)織物を用いて詳細に検討し、以下の結論を得た。

- (1) 保温率は布の厚みが大きいほど大きくなるが、絹や綿織物は薄い布で保温性が高く、羊毛やポリエステル織物では厚い布で保温性が

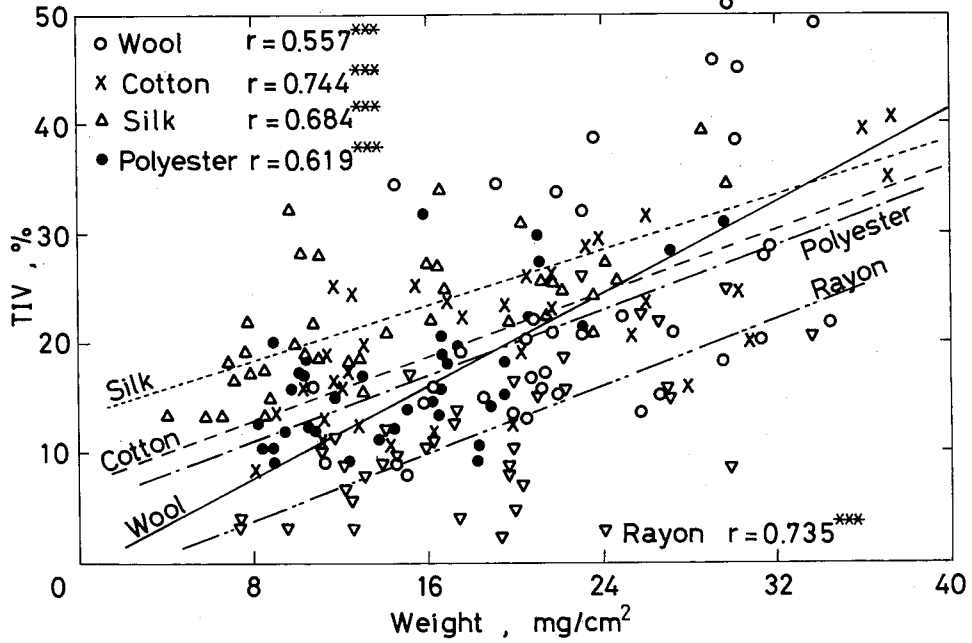


Fig. 3 Relationship between Thermal Insulation Value (TIV) and fabric weight.  $^{***}$ ; 0.1% significance level.

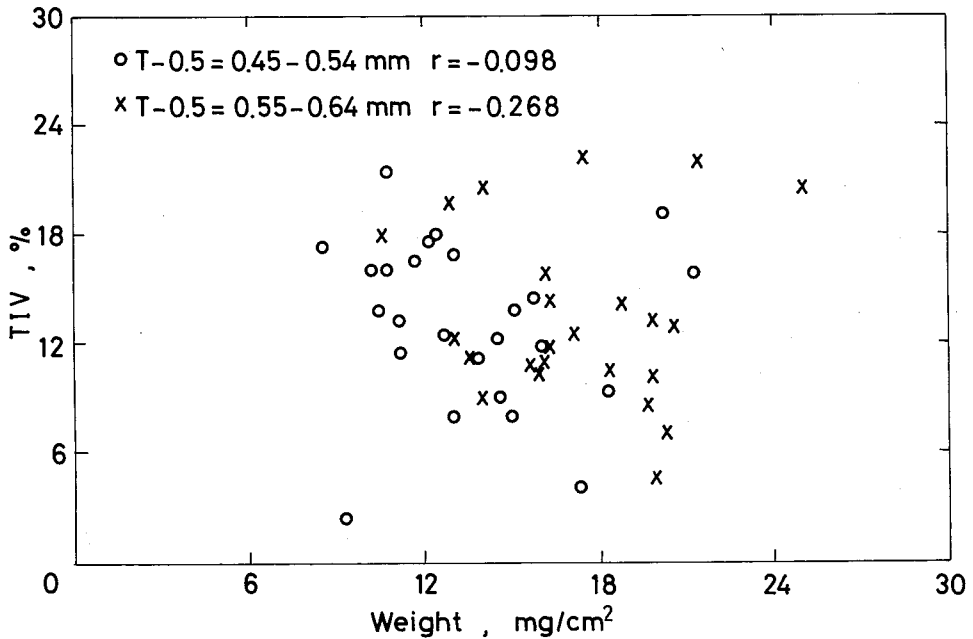


Fig. 4 Relationship between Thermal Insulation Value (TIV) and fabric weight at the same thickness.

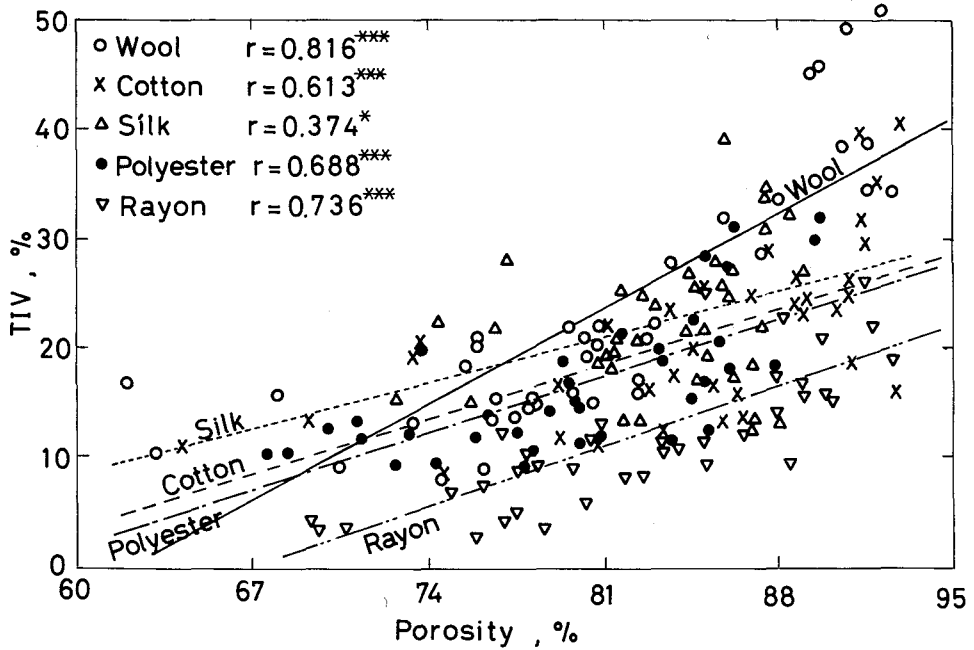


Fig. 5 Relationship between Thermal Insulation Value (TIV) and porosity. \* ; 5%, \*\*\* ; 0.1% significance level.

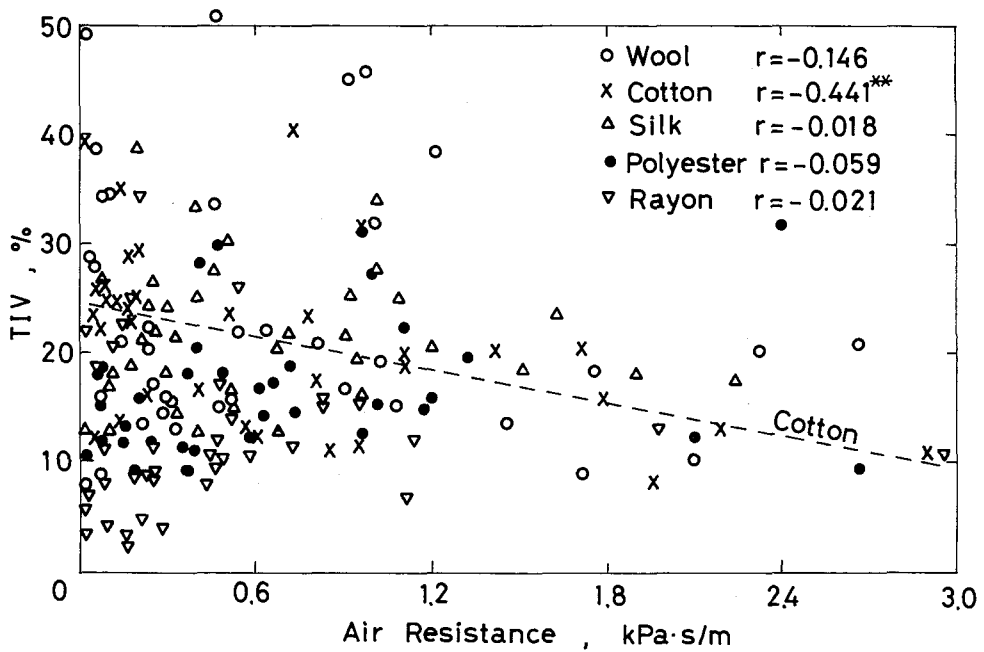


Fig. 6 Relationship between Thermal Insulation Value (TIV) and air resistance. \*\* ; 1% significance level.

高くなる。

- (2) レーヨン織物の保温率は低い。
- (3) 厚みを一定とした場合、布の保温性はその重量には全く依存しない。重い衣服を暖かいと感じるのは、重い衣服が厚手の布から作られていることからくる錯覚である。

#### 文 献

- 1) M. C. Marsh : J. Textile Inst., **22**, T 245 (1931).
- 2) W. H. Rees : J. Textile Inst., **32**, T 149 (1941).
- 3) M. A. Morris : Textile Res. J., **25**, 767 (1955).
- 4) 繊維学会編：“繊維便覧・原料編”，丸善，p.107 (1968).
- 5) 日本化学会編：“化学便覧，改訂2版”，丸善，p.982 (1975).
- 6) 安喰，川俣，村山，吉田：“消費科学からみた被服材料学”，三共，p.92 (1981).
- 7) 川端季雄：繊維機械学会誌（論文集），**37**, T 130 (1984).
- 8) 松平光男：日本家政学会誌，**39**, 987 (1988).
- 9) 川端季雄：繊維機械学会誌（論文集），**40**, T 59 (1987).